

# Vergleich der BDI-Klimapfadestudie mit anderen Energieszenarien für Deutschland

Sascha Samadi, Manfred Fischedick und Stefan Lechtenböhrer

Die sog. Klimapfadestudie und ihre Szenarien haben in der Öffentlichkeit ein breites Echo gefunden, nicht zuletzt weil der BDI damit erstmals eine eigene detaillierte Untersuchung der Machbarkeit der deutschen Klimaschutzziele vorlegt und offensiv in die Diskussionen um die langfristige Transformation des Energiesystems einsteigt. Während der BDI in der Mai-Ausgabe der „et“ bereits wesentliche Ergebnisse vorgestellt hat, werden die Szenarien der Studie in diesem Artikel mit anderen vorliegenden Klimaschutzszenarien verglichen.

Im Januar dieses Jahres hat der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) die von ihm in Auftrag gegebene und von BCG und Prognos erarbeitete Studie „Klimapfade für Deutschland“ [1] veröffentlicht. Ziel der folgenden Ausführungen ist es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede in bestehenden Vorstellungen zur zukünftigen Transformation des deutschen Energiesystems aufzuzeigen sowie Erkenntnisse für die Bewertungen und Diskussionen aktueller energiepolitischer Ziele zu gewinnen.

## Vorstellung der betrachteten Szenarien

Tab. 1 stellt die in diesem Artikel betrachteten Szenarien vor. Neben den beiden Szenarien der BDI-Studie werden vier Szenarien aus drei aktuellen Studien [2] ausgewählt, die detaillierte quantitative Beschreibungen der Nachfrage- und Angebotsseite des Energiesystems enthalten. Drei dieser vier zusätzlichen Szenarien wurden im Auftrag der Bundes-

ministerien für Umwelt bzw. Wirtschaft erarbeitet, ein weiteres Szenario vom Umweltbundesamt erstellt. Damit sind Szenarien für den Vergleich ausgewählt worden, die eine besondere Relevanz in der aktuellen energiepolitischen Diskussion haben.

Bei der Auswahl der Szenarien wurde – analog zu den beiden Pfaden der BDI-Studie und entsprechend der Bandbreite des deutschen Emissionsminderungsziels für 2050 – darauf geachtet, dass drei der verglichenen Szenarien Entwicklungspfade darstellen, die bis Mitte des Jahrhunderts – jeweils gegenüber 1990 – eine THG-Minderung um rund 80 % erreichen, während drei weitere Szenarien eine weitergehende Minderung um rund 95 % abbilden (s. Tab. 2).

Im Folgenden werden die sechs ausgewählten Szenarien in Hinblick auf zentrale Kenngrößen des Energiesystems verglichen. Dabei wird zunächst die Nachfrageseite und anschließend die Angebotsseite in den Blick genommen. An verschiedenen Stellen wird auch auf geltende energiepolitische Ziele eingegangen und es werden aktuelle energiepolitische Diskussionen reflektiert. Abschließend werden – aufgrund der aktuellen Relevanz in der energiepolitischen Diskussion in Deutschland – die sektoralen THG-Emissionen der Szenarien im Jahr 2030 verglichen und den 2030-Zielen des „Klimaschutzplan 2050“ [3] gegenübergestellt.

## Betrachtung der Nachfrageseite

Eine bedeutende Erkenntnis aus der Betrachtung der verschiedenen Energieszenarien für Deutschland ist, dass alle Szenarien eine deutliche Erhöhung der Endenergieproduktivität in den kommenden Jahrzehnten voraussetzen. Die Endenergieproduktivität zeigt, wie

**Tab. 1: Betrachtete Szenarien**

Szenario	Studie	Auftraggeber	Institute	Erscheinungsjahr
80 %-Pfad	Klimapfade für Deutschland	BDI	BCG/GWS	2018
95 %-Pfad				
GreenEe	Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten	UBA	–	2017
KS 80	Klimaschutzszenario 2050 – 2. Modellierungsrunde	BMUB	Öko-Institut/ Fraunhofer ISI	2015
KS 95				
Zielszenario (ZS)	Entwicklung der Energiemärkte – Energie-referenzprognose	BMWi	Prognos/EWI/GWS	2014

**Tab. 2: Veränderung der THG-Emissionen in den betrachteten Szenarien bis 2030 und 2050 (jeweils gegenüber 1990)**

		2030		2050	
	Szenario	Energiebedingte THG-Emissionen	Gesamte THG-Emissionen	Energiebedingte THG-Emissionen	Gesamte THG-Emissionen
- 80 % Szenarien	Zielszenario (ZS)	- 56 %	k. A.	- 80 %	k. A.
	80 %-Pfad	- 52 %	- 52 %	- 84 %	- 80 %
	KS 80	- 55 %	- 57 %	- 85 %	- 83 %
- 95 % Szenarien	KS 95	- 70 %	- 68 %	- 98 %	- 94 %
	95 %-Pfad	- 58 %	- 57 %	- 100 %	- 95 %
	GreenEe	- 63 %	- 61 %	- 100 %	- 95 %

**Tab. 3: Durchschnittliche jährliche Steigerung der Endenergieproduktivität**

		2010-2050					
	2000-2016	- 80 %-Szenario			- 95 %-Szenario		
		ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
Durchschnittliche jährliche Steigerung der Endenergieproduktivität	1,3 %	2,5 %	2,3 %	2,1 %	2,7 %	2,4 %	2,1 %
Quelle für historische Steigerungsrate: Eigene Berechnung auf Grundlage von Statistisches Bundesamt 2018 und AG Energiebilanzen 2017, siehe [4]							

viel wirtschaftliche Leistung (Bruttoinlandsprodukt) pro Einheit eingesetzter Energie geschaffen werden kann. Tab. 3 verdeutlicht, dass in allen betrachteten Szenarien deutlich stärkere Verbesserungen der Endenergieproduktivität angenommen werden als in der jüngeren Vergangenheit realisiert werden konnten. So stieg diese im Zeitraum zwischen 2000 und 2016 im Durchschnitt pro Jahr um 1,3 % [4], während die Szenarien für den Zeitraum 2010 bis 2050 von durchschnittlichen jährlichen Steigerungsraten von mindestens 2,1 % und bis zu 2,7 % ausgehen. Diese bedeutende Differenz zwischen historischer und in den Szenarien beschriebener zukünftiger Endenergieproduktivitätssteigerung verdeutlicht bereits welch hohes Ambitionsniveau zur Erfüllung der Klimaschutzziele angelegt werden muss.

Verschiedene Maßnahmen sollen in den Szenarien zu einer Steigerung der Endenergieproduktivität beitragen: Zum einen werden klassische Energieeffizienzverbesserungen angenommen (z. B. durch eine deutliche Erhöhung der energetischen Sanierungsraten im Gebäudebereich), zum anderen trägt auch der in Abb. 1 gezeigte Trend zur Elektrifizierung in den Endenergiesektoren zu Steigerungen der Produktivität bei, da eine Elektrifizierung teilweise (insbesondere im Falle des Ersatzes von Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren) die Nutzung (endenergie-)effizienterer Technologien ermöglicht. Schließlich können auch Verhaltens- bzw. Lebensstiländerungen zu einer Steigerung der Endenergieproduktivität beitragen. Entsprechende Änderungen werden – wenn auch mit unterschiedlicher Intensität – mit Aus-

nahme des „Zielszenario“ des BMWi in allen betrachteten Szenarien unterstellt.

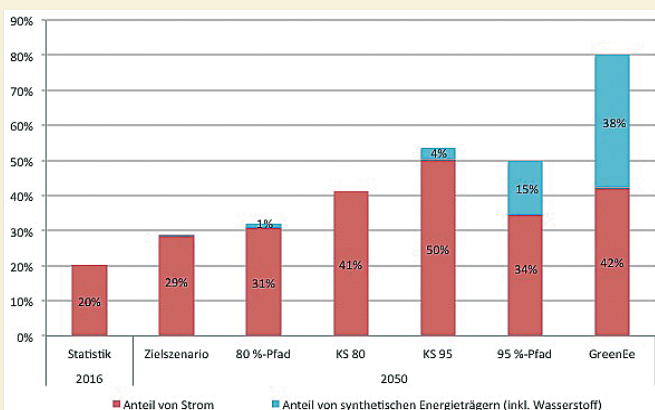
Der Anteil von Strom am gesamten Endenergieeinsatz steigt in allen Szenarien von 20 % im Jahr 2016 [5] auf mindestens 29 % und bis zu 50 % im Jahr 2050 (s. Abb. 1). Zudem wird Strom insbesondere in den -95 %-Szenarien zusätzlich in relevantem Ausmaß auch „indirekt“ genutzt, indem über die sog. „Power-to-X“-Route synthetische Energieträger (Brenn- und Kraftstoffe) zum Einsatz kommen, die aus Strom gewonnen werden. In den untersuchten -80 %-Szenarien spielen diese Energieträger zwar keine (bedeutende) Rolle, in den -95 %-Szenarien kommt das Energiesystem Mitte des Jahrhunderts aber offenbar nicht ohne sie aus, auch wenn sich die Szenarien im Umfang der Nutzung dieser Energieträger stark unterscheiden. Am stärksten werden synthetische Energieträger im GreenEe-Szenario des UBA genutzt. Ihr Anteil am Endenergieeinsatz steigt dort bis zum Jahr 2050 auf 38 % an.

Die höhere Bedeutung synthetischer Energieträger im GreenEe-Szenario gegenüber den anderen ambitionierten Klimaschutzzszenarien erklärt sich nicht unwesentlich dadurch, dass im GreenEe-Szenario im Gegensatz zu den anderen Szenarien kein CCS für Industrieprozesse zum Einsatz kommt. Diese Option, die eine gewisse weitere Nutzung fossiler Energieträger auch unter ambitionierten Klimaschutzzvorgaben ermöglichen könnte, steht im GreenEe-Szenario annahmegemäß nicht zur Verfügung. Abb. 2, die die Entwicklung des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern in der Industrie darstellt, verdeutlicht

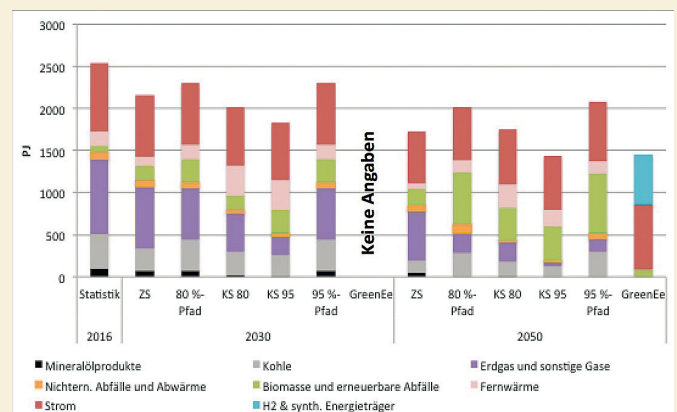
die damit zusammenhängenden Unterschiede. Dabei zeigt sich, dass es bezüglich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs vor allem in der Industrie sehr unterschiedliche Vorstellungen in vorliegenden Klimaschutzzszenarien gibt. Dies gilt für die Höhe des Endenergiebedarfs ebenso wie für die zum Einsatz kommenden Energieträger und Technologien.

Die Unterschiede zwischen den Szenarien sind zum einen auf das Ambitionsniveau in Bezug auf die langfristigen Klimaschutzziele zurückzuführen: Im Industriesektor werden die THG-Emissionen in allen -80 %-Szenarien deutlich unterdurchschnittlich gesenkt (nur um rund 60 bis 70 %), während in den -95 %-Szenarien auch die THG-Emissionen des Industriesektors vollständig oder nahezu vollständig vermieden werden müssen, da die in den -95 %-Szenarien zur Mitte des Jahrhunderts überhaupt noch erlaubten THG-Emissionen ganz maßgeblich der Landwirtschaft vorbehalten bleiben, für die sehr weitgehende THG-Minderungsmaßnahmen bis dato nicht in Sicht sind.

Innerhalb der -95 %-Szenarien sind die Unterschiede hingegen zu einem großen Teil auf unterschiedliche Annahmen zur Technologie- und Energieträgerverfügbarkeit zurückzuführen. In den beiden BDI-Szenarien wird im Industriesektor beispielsweise ein deutlicher Fokus auf die Werterhaltung bestehender Anlagen und Prozessketten gelegt. Die Anlagen und Prozesse sollen (nicht zuletzt mit Hilfe staatlicher Unterstützung) energieeffizienter werden und ein Energieträgerwechsel soll insbesondere unter Rückgriff auf Biomasse die Kohlenstoffintensität reduzieren. Im 95 %-Pfad kommt dann zusätzlich die Nutzung



**Abb. 1** Anteile von Strom und synthetischen Energieträgern (inkl. Wasserstoff)  
Quelle für historische Angabe: AG Energiebilanzen 2017 [4]



**Abb. 2** Endenergieeinsatz in der Industrie (in PJ)  
Quelle für historische Angaben: AG Energiebilanz 2017 [5]

**Tab. 4: Primärenergieverbrauch (PEV) – Höhe und Anteil erneuerbarer Energien**

	2008	2017	Ziel Energie- konzept	2050					
				- 80 %-Szenarien			- 90 %-Szenarien		
				ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
Änderung des PEV gegenüber 2008	-	- 6 %	- 50 %	- 52 %	- 46 %	- 50 %	- 54 %	- 50 %	k. A.
Anteil erneuerbarer Energien am PEV	8 %	13 %	-	51 %	51 %	59 %	79 %	76 %	100 %
Quellen für historische Angaben: AG Energiebilanzen 2018, 2012 [9]									

Quellen für historische Angaben: AG Energiebilanzen 2018, 2012 [9]

von CCS als zentrale „end-of-the-pipe“-Technologie u. a. in der Stahl- und Zementindustrie sowie in Raffinerien hinzu. In den anderen Szenarien – insbesondere im GreenEe-Szenario – wird hingegen angenommen, dass im Laufe der nächsten Jahrzehnte durch eine Erhöhung der Innovationsdynamik verschiedene „Breakthrough“-Technologien entwickelt werden (wie z. B. Wasserstoff-Direktreduktion bei der Stahlherstellung) und sich auch unter Wettbewerbsbedingungen etablieren können.

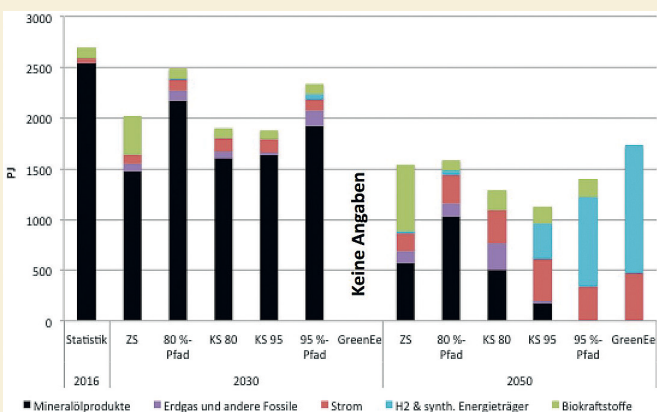
Während Biomasse als Endenergieträger in der Industrie in allen betrachteten Szenarien vermehrt genutzt wird, um fossile Energieträger zu verdrängen und die Kohlenstoffintensität im Energiemix zu verringern, ist ihr Einsatz in den beiden Szenarien der BDI-Studie besonders hoch. Im Jahr 2050 werden hier allein in der Industrie rund 620 PJ (80 %-Pfad) bzw. 710 PJ (95 %-Pfad) genutzt, um insbesondere Mittel- und Niedertemperaturwärme bereitzustellen. In diesen beiden Szenarien wird somit mindestens die Hälfte des als verfügbar angenommenen energetischen Biomaspotenzials im Industriesektor verwendet.

Abb. 3 stellt den Endenergieeinsatz nach Energieträgern im Verkehr dar. Ähnlich wie in der Industrie unterscheidet sich der Energiemix im Jahr 2050 zum Teil deutlich zwischen den Szenarien. Auch hier ist das Ambitionsniveau der Szenarien ein wichtiger Bestimmungsfaktor. So ist es in den -80 %-Szenarien auch im Jahr 2050 noch möglich, nicht unerhebliche Mengen (je nach Szenario rund 700 bis 1.200 PJ) an fossilen Energieträgern – insbesondere Mineralöl, verstärkt aber auch Erdgas – einzusetzen. In den -95 %-Szenarien werden im Jahr 2050 hingegen keine bzw. – je nach Szenario – nur sehr geringe Mengen fossiler Energieträger genutzt. Stattdessen wird in den -95 %-Szenarien in sehr starkem Maße auf Strom und synthetische Energieträger gesetzt, wobei die relative Bedeutung dieser beiden Energieträgerarten im zukünftigen Verkehrssystem unterschiedlich bewertet wird. Diese unterschiedliche Bewertung liegt nicht zuletzt an abweichenden Einschätzungen bezüglich der Möglichkeit, zukünftig auch große Teile des Güterverkehrs (z. B. über Oberleitungssysteme entlang der Autobahnen) direkt mit Strom anzutreiben.

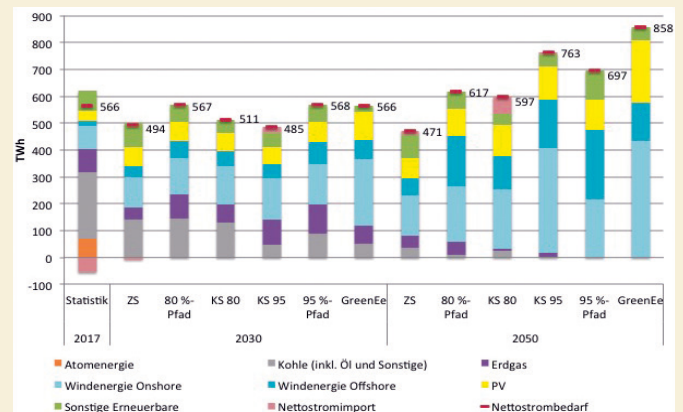
Auch in Bezug auf 2030 unterscheiden sich die Einschätzungen der vorliegenden Studien dazu, wie schnell die Mineralölnachfrage reduziert werden kann. Hier sind die beiden Szenarien der BDI-Studie deutlich zurückhaltender als die übrigen Szenarien. Zu dieser Haltung haben möglicherweise die über die letzten Jahre hinweg anhaltenden Schwierigkeiten bei der Minderung des Mineralölbedarfs im Verkehrssektor beigetragen [6]. Trotzdem wird aus allen Szenarien sehr deutlich, dass es gerade im Verkehrssektor, der seit 1990 im Unterschied zu allen anderen Sektoren keinen THG-Minderungsbeitrag geleistet hat [7], zu einer baldigen Trendumkehr kommen muss.

### Betrachtung der Angebotsseite

Auf der Angebotsseite wird hier zunächst ein Blick auf den Primärenergieeinsatz im Jahr 2050 geworfen. Im Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 [8] wurde das Ziel formuliert, den Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 2008 um mindestens 50 % zu reduzieren. Dieses Ziel wird in fast allen betrachteten Szenarien erreicht. Die einzige Ausnahme stellt der 80 %-Pfad der BDI-Studie dar, in dem die Verbrauchsreduktion mit 46 % leicht unter dem Zielwert liegt. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch steigt bis 2050 ebenfalls in allen Szenarien stark an, allerdings mit deutlichen Unterschieden zwischen den -80 %-Szenarien und den -95 %-Szenarien. In ersteren liegt ihr Anteil bei 51 bis 59 %, während er in letzteren zwischen 76 und 100 % liegt. Die Spannweite bei den -95 %-Szenarien erklärt sich



**Abb. 3** Endenergieeinsatz im Verkehr (in PJ)  
Quelle für historische Angaben: AG Energiebilanzen 2017 [5]



**Abb. 4** Nettostromerzeugung (inkl. Nettostromimport, ohne Pumpspeicherstrom) und Nettostrombedarf (jeweils in TWh)  
Quelle für historische Angaben: AG Energiebilanzen 2018

auch hier insbesondere durch den Einsatz von bzw. den Verzicht auf CCS in der Industrie. (CCS kommt im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung dagegen grundsätzlich in keinem der Szenarien zur Anwendung.)

Abb. 4 vergleicht die Nettostromerzeugung (inkl. Nettostromimport) in den verschiedenen Szenarien. Alle Szenarien gehen für das Jahr 2030 von einer Nettostromerzeugung von rund 500 bis 600 TWh und einer (nahezu) ausgeglichenen Strombilanz aus, gegenüber heute wird damit der Stromexportsaldo abgebaut. Der Nettostrombedarf liegt in den Szenarien im Jahr 2030 in etwa auf heutigem Niveau oder etwas niedriger, die Steigerung des Stromverbrauchs durch neue Anwendungen wie etwa durch die Zunahme der Elektromobilität wird durch Effizienzsteigerungen bei „klassischen“ Stromanwendungen kompensiert. Mit Ausnahme des am wenigsten ambitionierten Klimaschutzszenarios (ZS) steigt der Strombedarf zwischen 2030 und 2050 dann aber wieder an. Dies ist besonders deutlich in den -95 %-Szenarien. In diesen kommt es zu einem Anstieg des Nettostrombedarfs bis Mitte des Jahrhunderts auf rund 700 bis 850 TWh pro Jahr, als Konsequenz der nach 2030 deutlich anziehenden Elektrifizierung in allen Endenergiesektoren.

Abb. 4 zeigt zudem, dass der Stromsektor wohl auch in Zukunft das „Zugpferd“ der Energiewende darstellen wird. Der bereits heute hohe Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch steigt in den Szenarien von 36 % im Jahr 2017 [10] bereits

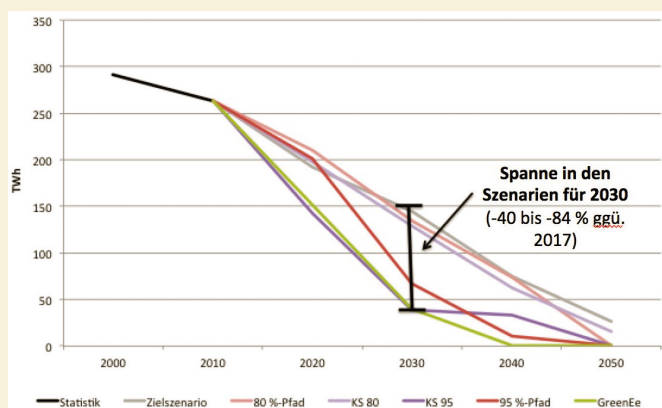
**Tab. 5: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch (BSV) im Jahr 2030**

	Ziele im Koalitionsvertrag 2018 bzw. im EEG 2017	- 80 %-Szenario		- 95 %-Szenario			
		ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
2030	65 %	62 %	~ 57 %	60 %	65 %	~ 65 %	78 %
2050	mindestens 80 %	79 %	88 %	83 %	95 %	100 %	100 %

bis 2030 auf mindestens 60 %. Allerdings wird nur in den -95 %-Szenarien die im Koalitionsvertrag der Bundesregierung [11] für das Jahr 2030 genannte Zielgröße von 65 % erreicht oder übertroffen (s. Tab. 5).

Mitte des Jahrhunderts liegt der Anteil der erneuerbaren Energien im Strommix bei 79 bis 100 %. Die Windenergie wird dabei in der Stromerzeugung dominieren, wobei sich die Szenarien im Verhältnis zwischen Onshore- und Offshore-Windenergie teilweise deutlich voneinander unterscheiden. Da die Stromerzeugung aus Photovoltaik in den meisten Szenarien nach der Windenergie den zweitgrößten Beitrag leistet, nimmt folglich auch der Anteil der fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sehr deutlich zu und erreicht in den meisten Szenarien zur Mitte des Jahrhunderts einen Anteil von 80 bis 90 %. Die Integration hoher Anteile fluktuierender erneuerbarer Energien in das Stromsystem ist damit in den kommenden Jahrzehnten die zentrale Herausforderung für den Sektor, gleichzeitig aber auch eine große Chance für den Technologie- und Industriestandort Deutschland. Denn die dazu beitragenden Technologien, Systemlösungen und Geschäftsmodelle bieten mit Blick auf eine nachholende Entwicklung in anderen Ländern hohe Exportchancen.

Eine bedeutende anstehende energiepolitische Entscheidung in der laufenden Legislaturperiode betrifft die zukünftige Stromerzeugung aus Kohle. Laut Koalitionsvertrag soll eine Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ bis Ende 2018 u. a. einen Plan „zur schrittweisen Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung“ erarbeiten. Abb. 5 stellt den Rückgang der Stromerzeugung aus Kohle in den sechs hier miteinander verglichenen Szenarien dar. Der Vergleich der Szenarien bietet einen wichtigen Anhaltspunkt für einen mit den mittel- und langfristigen Emissionsreduktionszielen der Bundesregierung in Einklang stehenden Ausstiegspfad aus der Kohleverstromung. Es zeigt sich (vgl. hierzu auch Tab. 6), dass die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle bis zum Jahr 2030 gegenüber 2017 in den -80 %-Szenarien bereits um 40 bis 46 % sinken muss, der Rückgang in den -95 %-Szenarien mit 72 bis 84 % aber noch mal deutlich ausgeprägter ist. Die Szenarien der BDI-Studie liegen dabei mit -44 bzw. -72 % jeweils im Mittelfeld bzw. am unteren Ende. Sofern die Bundesregierung die Zielsetzung des Pariser Klimaabkommens von 2015 ernst nimmt [12], müsste sie sich klimawissenschaftlichen Erkenntnissen [13] zufolge mindestens an dem oberen Ende ihrer Emissionszielspannweite für 2050 orientieren,



**Abb. 5** Entwicklung der Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle (in TWh)  
Quelle für historische Angaben: AG Energiebilanzen 2018 [10]

Szenarien →		ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
Energiebedingte THG-Reduktion 2050 (vs. 1990) →		-80 %	-84 %	-85 %	-98 %	-100 %	-100 %
NACHFRAGESeite	• Energieeffizienzverbesserungen	++	++	++	+++	++	++
	• Verhaltensänderungen	o	+	+	++	+	+
	• Elektrifizierung						
	Direkte Elektrifizierung	+	+	++	+++	++	++
ANGEBOTSSeite	Indirekte Elektrifizierung (z. B. H <sub>2</sub> )	o	o	o	+	++	+++
	• Nutzung emissionsfreier Energieträger						
	Erneuerbare für Stromerzeugung	+	++	++	++	++	+++
	Erneuerbare für Verkehr & Wärme	+++	++	++	++	++	++
	Atomenergie	o	o	o	o	o	o
	• Import emissionsfreier Energieträger						
	Biomasse	++	o	o	o	o	o
	Strom	+	o	++	+	o	o
	H <sub>2</sub> bzw. synth. Energieträger	o	o	o	+	+++	+++
	• Nutzung von CCS/CCU						
	An Kraftwerken	o	o	o	o	o	o
	An Industrieanlagen	o	o	o	++	+++	o

Legende: o keine (relevante) Nutzung + geringe Nutzung ++ mittlere Nutzung +++ starke Nutzung

**Abb. 6** Gegenüberstellung der wesentlichen Klimaschutzstrategien in den verglichenen Szenarien



**Tab. 6: Veränderung der Stromerzeugung aus Kohle zwischen 2017 u. 2030**

	2030					
	- 80 %-Szenario			- 95 %-Szenario		
	ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
Veränderung der Stromerzeugung aus Kohle gegenüber 2017	- 40 %	- 44 %	- 46 %	- 84 %	- 72 %	- 83 %
Quelle für historische Angabe (Referenzjahr 2017): AG Energiebilanzen 2018 [10]						

d. h. eine Reduktion der THG-Emissionen um 95 % anstreben. Dies würde den Szenarien zufolge wiederum bedeuten, dass eine Minderung der Kohleverstromung bis 2030 um bereits mindestens 72 % notwendig ist – und ein endgültiger Ausstieg aus der Kohleverstromung spätestens zwischen 2040 und 2050 zu erfolgen hätte. Für 2030 würde dies einen Rückgang auf maximal rund 70 TWh Kohlestromerzeugung bedeuten, mit einer entsprechenden Verringerung der dafür notwendigen Kraftwerksleistung. In welchem Ausmaß Kohlekraftwerke über ihren Beitrag zur reinen Stromerzeugung hinaus für die Bereitstellung von Leistungsreserve noch vorgehalten werden müssen, hängt u. a. von der Möglichkeit ab, hinreichend schnell neue Flexibilitäten im Markt zu platzieren (z. B. Lastmanagement) und zusätzliche günstige Leistungskapazitäten auf Basis von Gas zu schaffen.

Die neue Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag ebenfalls angekündigt, im kommenden Jahr ein Gesetz zu verabschieden, „das die Einhaltung der Klimaschutzziele 2030 gewährleistet“. Die Klimaschutzziele für 2030 wurden in dem im Jahr 2016 erarbeiteten „Klimaschutzplan 2050“ zum ersten Mal nach Sektoren festgelegt. Den entsprechenden Zielen werden in Tab. 8 die sektoralen THG-Minderungen in den sechs betrachteten Szenarien gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die bestehenden Ziele aus Sicht mehrerer Szenarien für die Energie-

wirtschaft und insbesondere für den Verkehr als sehr ambitioniert zu bezeichnen sind, während die meisten Szenarien hingegen für die Sektoren Industrie und Gebäude sogar über die 2030-Ziele aus dem Klimaschutzplan hinausgehende Emissionsminderungen für möglich halten.

### Gegenüberstellung wesentlicher Klimaschutzstrategien bis 2050

Abschließend werden die sechs betrachteten Szenarien in Abb. 6 in Hinblick auf ihre wesentlichen Strategien zur Minderung der THG-Emissionen im Energiesystem in Form eines qualitativen Vergleichs gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass es bestimmte Strategien gibt, die im Wesentlichen in allen Szenarien in ähnlicher Weise (wenn auch teilweise in unterschiedlicher Intensität) verfolgt werden. Hierzu zählen eine deutliche Beschleunigung der Energieeffizienzverbesserungen, ein weiterer dynamischer Ausbau der erneuerbaren Energien sowie eine stärkere Nutzung von Strom in den Endenergiesektoren. Auf der anderen Seite gibt es Klimaschutzstrategien, die nur in bestimmten Szenarien – zumeist als zusätzliche Strategien in den ambitionierteren -95 %-Szenarien – verfolgt werden. Hierzu zählen die Nutzung von synthetischen Energieträgern in den Endenergiesektoren, der Import entsprechender Energieträger sowie die Nutzung der CCS-Technologie im Industriesektor.

**Tab. 7: Sektorale THG-Minderung bis zum Jahr 2030 (gegenüber 1990)**

2016	2030						
	Ziele im Klimaschutzplan	- 80 %-Szenario			- 95 %-Szenario		
		ZS	80 %-Pfad	KS 80	KS 95	95 %-Pfad	GreenEe
Energiewirtschaft	- 22 % - 61 % bis - 62 %	- 54 %	- 53 %	- 60 %	- 76 %	- 64 %	
Industrie	- 34 % - 49 % bis - 51 %	- 50 %	- 51 %	- 57 %	- 66 %	- 51 %	- 68 %
Gebäude	- 35 % - 66 % bis - 67 %	- 73 %	- 69 %	- 63 %	- 76 %	- 74 %	
Verkehr	+ 1 % - 40 % bis - 42 %	- 44 %	- 22 %	- 42 %	- 46 %	- 26 %	- 30 %
<b>Gesamt</b>	<b>- 27 % - 55 % bis - 56 %</b>	<b>- 56 %</b>	<b>- 52 %</b>	<b>- 57 %</b>	<b>- 68 %</b>	<b>- 57 %</b>	<b>- 61 %</b>
Quelle für historische Angaben: Umweltbundesamt 2018 [7]							

## Fazit

Insgesamt zeigt die Gegenüberstellung der Szenarien, dass einer Erreichbarkeit der Klimaschutzziele und damit ein adäquater Beitrag Deutschlands zum Pariser Klimaschutzabkommen aus heutiger Sicht keine grundsätzlichen Hürden gegenüberstehen. Eine Minderung der THG-Emissionen um 95 % ist aber auch kein „Selbstgänger“. Hierfür sind immense Anstrengungen und insbesondere eine deutlich höhere Innovationsdynamik notwendig. Zudem müssen hierfür bereits bis zum Jahr 2030 die entscheidenden Weichen gestellt werden. Dies gilt auch und gerade für eine deutliche Reduktion der Intensität der Kohleverstromung.

## Quellen

- [1] Gerbert, P. et al.: Klimapfade für Deutschland, 2018. [http://image-src.bcg.com/Images/Klimapfade-fuer-Deutschland\\_tcm108-181356.pdf](http://image-src.bcg.com/Images/Klimapfade-fuer-Deutschland_tcm108-181356.pdf)
- [2] Günther, J. et al.: Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten, Dessau-Roßlau 2017. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_fachbrosch\\_rtd\\_final\\_bf\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_fachbrosch_rtd_final_bf_0.pdf); Repenning, J. et al.: Klimaschutzszenario 2050 – 2. Endbericht, Berlin, 2015. <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>; Schlesinger, M. et al.: Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose, Basel/Köln/Osnabrück 2014. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=7)
- [3] BMUB: Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin 2016. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf)
- [4] Eigene Berechnung auf Grundlage von Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung – Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970, Wiesbaden 2018. [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Volkswirtschaftlich-Gesamtrechnungen/Inlandsprodukt/Inlandsproduktsberechnung-LangeReihen-PDF\\_2180150.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Volkswirtschaftlich-Gesamtrechnungen/Inlandsprodukt/Inlandsproduktsberechnung-LangeReihen-PDF_2180150.pdf?__blob=publicationFile) sowie AG Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – 1990 bis 2016, Berlin/Bergheim 2017. [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=ausw\\_24juli2017\\_ov.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausw_24juli2017_ov.pdf)
- [5] AG Energiebilanzen 2017, s. FN 4.
- [6] Umweltbundesamt: Kraftstoffe, Dessau-Roßlau 2017. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe>

- [7] Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Fassung zur EU-Submission 15.01.2018, Dessau 2018. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2017\\_12\\_18\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_trendtabelle\\_thg\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2017_12_18_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v1.0.xlsx)
- [8] MWi/BMU: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin, 2010. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- [9] AG Energiebilanzen: Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 2016/2017, Berlin/Bergheim 2018. [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=pev2017.xlsx](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=pev2017.xlsx) sowie AG Energiebilanzen: Energiebilanz der Bundesrepublik 2008, Berlin/Bergheim 2012. [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=druck\\_eb2008\\_04102012.xls](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=druck_eb2008_04102012.xls)
- [10] AG Energiebilanzen: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern, Berlin/Bergheim 2018, [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=20171221\\_brd\\_stromerzeugung1990-2017.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20171221_brd_stromerzeugung1990-2017.pdf)
- [11] CDU, CSU und SPD: Ein neuer Aufbruch für Europa – Eine neue Dynamik für Deutschland – Ein neuer Zusammenhalt für unser Land – Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 2018. [https://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf?__blob=publicationFile&v=5)
- [12] United Nations: Paris Agreement, 2015. [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)
- [13] du Pont, Y. R. et al.: Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals. In: Nature Climate Change 7, 2017, 38-43.

---

*Dr. S. Samadi, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. S. Lechtenböhmer, Abteilungsleiter, Prof. Dr.-Ing. M. Fishedick, Vizepräsident, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie*  
*[sascha.samadi@wupperinst.org](mailto:sascha.samadi@wupperinst.org)*